# 水质自动采样器通信协议-V1.1.0

**版本历史：**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **版本** | **日期** | **描述** | **作者** |
| V1.0.0 | 2022-11-08 | 创建 | 黄攀 |
| V1.0.0 | 2023-01-18 | 新增告警类型  新增解除告警控制 | 黄攀 |
| V1.1.0 | 2023-03-13 | 新增排液 | 辛双龙 |

## 协议规范

## 2. 系统结构

水质自动采样器仪器与工控机之间通信协议采用Modbus RTU标准，工控机作为Modbus主机，每台水质自动采样器作为Modbus从机。

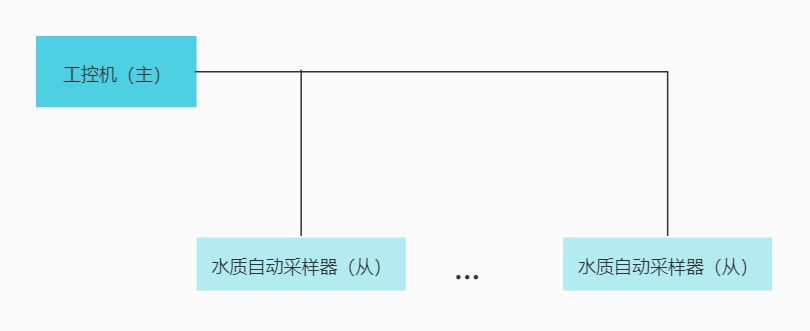


图1 Modbus主从通信系统结构

（1）采用MODBUS-RTU协议；

（2）采用RS-232/RS-485通讯接口通讯；

（3）采用115200/19200 baud，8/N/1（出厂默认）；

## 3. 技术参数

## 4. 通信协议

工控机与采样器之间通信协议采用Modbus RTU标准，通过Modbus寄存器定义通信数据内容。

### 4.1 数据内容定义

表2 仪器数据内容分类表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **分类** | **名称** | **描述** |
| 基本参数 | 采样状态 | 采样器当前工作状态 |
| 传感器浓度 | 仪器当前测试模式 |
| 采样模式 | 包括测量数值、数据时间、数据标识。 |
| 系统设置 | 仪器部件、分析系统、预处理告警等 |
| 状态告警 | 仪器故障 |
| 远程控制 | 控制命令 | 启动采样、停止采样、开门、重启等 |

因为仪器集成了多个监测参数，所以每个监测参数分配一个Modbus地址来区分，如表3。

### 4.2 寄存器定义

表4 寄存器定义表

| **区间名称** | **寄存器偏移** | **数据类型** | **寄存器描述** | **读写** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 采样状态区 | 0x0000 | WORD | 采样器状态 | R | 0：空闲  1：忙碌 |
| 0x0001 | WORD | 采样模式 | R | 0：定时采样  1：外控采样  2：时间等比  3：流量等比  4：液位等比 |
| 0x0002 | WORD | 采样瓶数 | R | 瓶数：1~12 |
| 0x0003 | WORD | 采样量 | R | 默认500 |
| 0x0004 | WORD | 当前瓶号 | R | 瓶号1~12 |
| 0x0005 | WORD | 当前进程 | R | 0：待机  1：电机复位  2：采样瓶转到采样区  3：采样瓶排空  4：采样泵管润洗  5：采样瓶再排空  6：采样  7：采样泵反转排空管路  8：取样瓶转到取样区 |
| 0x0006~0x000B | BYTE[12] | 采样瓶状态 | R | Byte[n] 0：空  Byte[n] 1：满 |
| 0x000C | WORD | 门锁状态 | R | 0：开  1：关 |
| 0x000D | WORD | 冰箱当前温度 | R | 整数，十六进制 |
| 0x000E~0x0010 | DATE | 系统时间 | R | 2211 0805 4030  22-11-08 5:40:30  十六进制 |
|  | 0x0011 | WORD | 告警代码 | R | 十六进制整数 |
| **控制命令区** | 0x0050 | WORD | 控制命令码 | W |  |
| 0x0051 | BYTE[n] | 控制命令参数 | W | **见控制命令定义表** |
| **…** |
| 0x005F |
|  |  |  |  |  |
| **传感器浓度** | 0x0080~0x0081 | FLOAT | 氨氮 | W/R | **外控采样时传感器实时浓度** |
| 0x0082~0x0083 | FLOAT | 总磷 | W/R |
| 0x0084~0x0085 | FLOAT | 总氮 | W/R |
| 0x0086~0x0087 | FLOAT | CODmn | W/R |
| 0x0088~0x0089 | FLOAT | CODcr | W/R |
| 0x008A~0x008B | FLOAT | PH | W/R |
| 0x008C~0x008D | FLOAT | 溶解氧 | W/R |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 采样模式区 | 0x1000 | WORD | 当前瓶号 | W/R | 瓶号:1~12 |
| 0x1001 | WORD | 采样瓶数 | W/R | 默认：12 |
| 0x1002 | WORD | 采样量 | W/R | 默认：500 |
| 0x1003 | WORD | 采样模式 | W/R | 0：定时采样  1：外控采样  2：时间等比  3：流量等比  4：液位等比 |
| 0x1004~0x100F | BYTE[24] | 整点定时时间 | W/R | 0:未定时 1：定时选中 |
| 0x1010~x01011 | FLOAT | 氨氮 | W/R | 超标浓度值 |
| 0x1012~x01013 | FLOAT | 总磷 | W/R |
| 0x1014~x01015 | FLOAT | 总氮 | W/R |
| 0x1016~x01017 | FLOAT | CODmn | W/R |
| 0x1018~x01019 | FLOAT | CODcr | W/R |
| 0x101A~x0101B | FLOAT | PH | W/R |
| 0x101C~x0101D | FLOAT | 溶解氧 | W/R |
| 0x101E | WORD | 时间等比采样间隔 | W/R | 本次采样到下一次采样的时间间隔，单位min |
| 0x101F~0x020 | FLOAT | 流量等比采样间隔 | W/R | 本次采样到下一次采样的流量间隔 |
| 0x1021~0x1022 | FLOAT | 4ma流量 | W/R |  |
| 0x1023~0x1024 | FLOAT | 20ma流量 | W/R |  |
| 0x1025~0x1026 | FLOAT | 当前流量 | R | 流量计实测值 |
| 0x1027~0x1028 | FLOAT | 液位等比采样间隔 | W/R | 本次采样到下一次采样的液位间隔 |
| 0x1029~0x102A | FLOAT | 4ma液位 | W/R |  |
| 0x102B~0x102C | FLOAT | 20ma液位 | W/R |  |
| 0x102D~0x102E | FLOAT | 当前液位 | R |  |
| 系统设置区 | 0x102F | WORD | 采排液电机速度 | W/R | 默认：3000 Hz |
| 0x1030 | WORD | 采排液电机：排液时间 | W/R | 整型，单位s |
| 0x1031 | WORD | 转盘电机速度 | W/R | 默认：600Hz |
| 0x1032 | WORD | 转盘电机偏移量补偿 | W/R | 角度 |
| 0x1033 | WORD | 采样泵速度 | W/R | 默认：3500 Hz |
| 0x1034 | WORD | 润洗时间 | W/R | 整型，单位s |
| 0x1035 | WORD | 进样管路排空时间 | W/R | 整型，单位s |
| 0x1036 | WORD | 进样超时时间 | W/R | 整型，单位s |
| 0x1037 | WORD | 波特率 | W/R | 采样器与工控机串口通信波特率 |
| 0x1038 | WORD | Modbus地址 | W/R | 采样器地址 |
| 0x1039~0x103B | DATE | 仪器时间 | W/R | 2211 0805 4030  22-11-08 5:40:30 |
| 0x103C~0x1041 | BYTE[12] | 采样器SN号 | W/R |  |
|  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 状态告警区 | 0x1080~0x1082 | DATE | 系统时间 | R | 仪器系统时间  2211 0805 4030  22-11-08 5:40:30 |
| 0x1083 | WORD | 工作状态 | R | 0：待机  1：电机复位  2：采样瓶转到采样区  3：采样瓶排空  4：采样泵管润洗  5：采样瓶再排空  6：采样  7：采样泵反转排空管路  8：取样瓶转到取样区 |
| 0x1084 | WORD | 采样模式 | R | 0：定时采样  1：外控采样  2：时间等比  3：流量等比  4：液位等比 |
| 0x1085 | WORD | 告警代码 | R | 见告警代码表 |
| 0x1086 | WORD | 故障代码 | R | 暂无 |
| 0x1087~0x108E | CHAR[16] | 软件版本 | R |  |

如果没有备注，则表明该仪器的任意监测参数的Modbus地址皆可读取到对应寄存器的值。

### 4.3 Modbus RTU

#### 4.3.1 报文帧结构

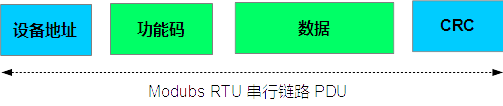


图2 Modbus RTU串行链路PDU

表5 Modbus报文结构表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **名称** | **类型** | **长度（字节）** | **描述** |
| 设备地址 | BYTE | 1 | 对应仪器中的设备地址，用于区分挂在同一个485总线下不同在线监测仪器。取值范围1~247 |
| 功能码 | BYTE | 1 | 功能码定义见4.2 |
| 数据 | BYTE[n] | N | 变长数据，伴随功能码、应答模式不同而不同 |
| CRC | WORD | 2 | Modbus CRC16校验结果 |

#### 4.3.2 功能码定义

表6 Modbus功能码定义表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **代码** | **功能** | **数据类型** | **备注** |
| 0x03 | 读 | 整形、浮点、字符 | 读多个寄存器 |
| 0x10 | 写 | 整形、浮点、字符 | 写多个寄存器 |

#### 4.3.3 报文应答格式

**4.3.3.1 功能码（0x03）读**

主机请求：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **设备地址** | **功能码** | **寄存器地址** | **寄存器数量** | **CRCH** | **CRCL** |
| 1B | 1B | 2B | 2B | 1B | 1B |

设备地址：主控板地址，为0x01-0xF7可选；

功能码：为0x03；

寄存器地址：要读取数据的存放开始地址；

寄存器数量：要读取的寄存器的个数；

从机应答：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **设备地址** | **功能码** | **数据字节数** | **数据** | **CRCH** | **CRCL** |
| 1B | 1B | 1B | ... | 1B | 1B |

设备地址：下位机地址，为0x01-0xF7可选；

功能码：为0x03；

数据字节数：寄存器数量×2；

数据：N =(寄存器数量×2)BYTE；

错误应答：

设备地址(1BYTE)+出错功能码+错误类型(1BYTE)+CRC校验

注意出错功能码是功能码BYTE最高位取反得到。例如0x03 出错功能码为0x83

错误类型：

01 非法功能

02 非法数据地址

03 非法数据值

04 从站设备故障

05 确认

06 从属设备忙

注：以上错误类型为Modbus RTU标准含义。

示例：

读取命令：

01 03 00 00 00 02 C4 0B （设备地址01）

02 03 00 00 00 02 C4 38 （设备地址02）

其中设备地址（01）+功能码（03）+寄存器起始地址（00 00）+寄存器数量（00 02 即指数据长度为2个字）+CRC校验（C4 0B）

应答报文：

01 03 04 41 CB 42 B7 EF 27

设备地址（01）+ 功能码（03）+数据字节数（04）+ 读取数据（实际为16进制数42 B7 41 CB对应的浮点型数据为91.63）+ CRC校验（EF 27）。

**4.3.3.2 功能码（0x10）写**

主机请求：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **设备地址** | **功能码** | **寄存器地址** | **寄存器数量** | **字节数** | **DATA** | **CRCH** | **CRCL** |
| 1B | 1B | 2B | 2B | 1B | ... | 1B | 1B |

设备地址：主控板地址，为0x01-0xF7可选

功能码：为0x10

寄存器地址：要读取数据的存放开始地址

寄存器数量：要写入寄存器的个数

字节数：写入数据的字节数

数据：要写入的数据

注意如写一个寄存器，则寄存器数量为1，字节数为2，数据为一个WORD。

从机应答：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **设备地址** | **功能码** | **寄存器地址** | **寄存器数量** | **CRCH** | **CRCL** |
| **1B** | **1B** | **2B** | **2B** | **1B** | **1B** |

示例：

主机发送：01 10 00 6B 00 02 04 00 0F 06 08 86 51

从机回复：01 10 00 6B 00 02 30 14

错误应答：设备地址（1BYTE）+出错功能码+错误类型（1BYTE）+CRC校验

注意出错功能码是功能码BYTE最高位取反得到。例如0x03出错功能码为0x83

错误类型：

01 非法功能

02 非法数据地址

03 非法数据值

04 从站设备故障

05 确认

06 从站设备忙

注：以上错误类型为Modbus RTU标准含义。

#### 4.3.4 应用规约

表7 Modbus数据类型定义表

| **数据类型** | **描述及要求** |
| --- | --- |
| BYTE | 无符号单字节整型（字节，8位） |
| WORD | 无符号2字节整型（字，16位） |
| DWORD | 无符号4字节整型（双字，32位） |
| FLOAT | 4字节浮点数型（字节，32位）IEEE 754 标准 |
| DOUBLE | 8字节浮点数型（字节，64位） |
| BYTE[n] | N字节 |
| STRING | GBK编码，采用0终结符，若无数据，则放一个0终结符 |
| CHAR[n] | N个字符，ASCII |
| DATE | 日期类型6字节  年（BYTE）- 月（BYTE）- 日（BYTE）- 时（BYTE）- 分（BYTE）- 秒（BYTE）  其中：年=byte+2000，月：1-12，日：1-31，时：0-23 分：0-59 秒：0-59  数值格式：BCD码 |

数据字节序定义：

协议采用小端模式（little-endian）来传递WORD、DWORD、FLOAT、DOUBLE。对于DWORD、FLOAT、DOUBLE，字间顺序也按照小端模式（little-endian）排列。

### 4.4 通信报文示例

## 附 录A（规范性附录）

### CRC生成过程

Modbus CRC16生成CRC 的过程为：

将一个16 位寄存器装入十六进制FFFF（全1），将之称作CRC 寄存器；

将报文的第一个8位字节与16 位CRC 寄存器的低字节异或，结果置于CRC 寄存器；

将CRC 寄存器右移1位（向LSB 方向）， MSB 充零. 提取并检测LSB；

（如果LSB 为0）：重复步骤3 （另一次移位）；

（如果LSB 为1）：对CRC 寄存器异或多项式值0xA001 （1010 0000 0000 0001）；

重复步骤3 和 4，直到完成8 次移位。当做完此操作后，将完成对8位字节的完整操作；

对报文中的下一个字节重复步骤2 到5，继续此操作直至所有报文被处理完毕；

CRC 寄存器中的最终内容为CRC 值；

当放置CRC 值于报文时，采用大端方式存储，高字节在前，低字节在后。例如，如果 CRC 值为十六进制0x1241，则第一个字节存放0x12，第二个字节存放0x41。

参考实现代码：

unsignedshort CRC16 (unsigned char \*ptr, unsigned intlen)

{

unsignedshortcrc=0xFFFF;

unsignedinti, j;

for ( j=0; j<len;j++)

{

crc=crc ^\*ptr++;

for ( i=0; i<8; i++)

{

if( (crc&0x0001) >0)

{

crc=crc>>1;

crc=crc^ 0xa001;

}

else

{

crc=crc>>1;

}

}

}

return (crc);

}

## 附 录B（资料性附录）

### 表B-1 采样器工作状态定义表

| **编码** | **描述** | **备注** |
| --- | --- | --- |
| 0 | 空闲 | 待机状态为空闲 |
| 1 | 忙碌 | 其他状态忙碌 |

### 表B-2 控制命令定义表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **编码** | **名称** | **参数个数** | **参数说明** | **备注** |
| 1 | 启动采样 | 无 |  | 立即启动一组采样，采样瓶为系统判定 |
| 2 | 停止采样 | 无 |  | 立即停止当前进程 |
| 3 | 取样 | 无 |  | 采样器状态空闲，且瓶子为满瓶时方可取，需指定要取第几瓶 |
| 4 | 开门 | 2个寄存器 |  | 密码：23506  00 02 35 06 |
| 5 | 软重启 | 无 |  | 软件重启 |
| 6 | 系统复位 | 无 |  | 系统配置恢复到出厂设置状态 |
| 7 | 解除告警 | 无 |  | 解除采样器当前告警 |
| 10 | 排液 | 无 |  |  |

### 表B-3 告警信息表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **告警码** | **描述** | **适用范围** |
| 0 | 无告警（解除告警） | 通用 |
| 1 | 通信异常（采样器与工控机通信） |  |
| 2 | 滑台电机异常（过温/过流） |  |
| 3 | 蠕动泵异常（过温/过流） |  |
| 4 | 转盘电机异常（过温/过流） |  |
| 5 | 编码器异常 |  |
| 6 | 转盘原点传感器异常 |  |
| 7 | 滑台原点传感器异常 |  |
| 8 | 冰箱温度异常 |  |
| 9 | 冰箱通信异常 |  |
| 10 | 门禁锁异常 |  |
| 11 | 串口屏通信异常 |  |
| 12 | SD卡异常告警 |  |
| 13 | Flash异常告警（W25Q32） |  |
| 14 | 留样失败 |  |
| 15 | 满瓶告警 | 12均采满后发出 |
| 16 | 复位异常 |  |